

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-95523

(P2000-95523A)

(43)公開日 平成12年4月4日 (2000.4.4)

(51)Int.Cl.⁷

C 01 G 51/00

識別記号

F I

C 01 G 51/00

テーマコード(参考)

C 4 G 0 4 8

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全5頁)

(21)出願番号

特願平10-272358

(22)出願日

平成10年9月25日 (1998.9.25)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 寺岡 努

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72)発明者 平井 敏雄

宮城県仙台市青葉区片平2丁目1番1号
東北大学金属材料研究所内

(74)代理人 100094466

弁理士 友松 英爾 (外1名)

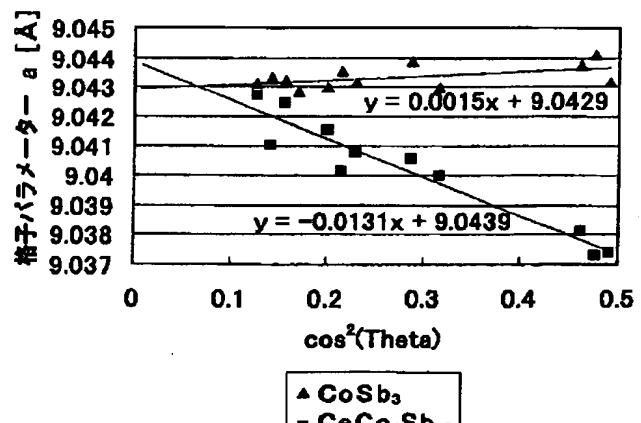
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フィルドスクッテルダイト構造を有するCoSb₃基化合物、および該化合物を含有する熱電変換材料

(57)【要約】

【課題】 熱電材料における従来材料の持つ問題点、すなわち熱伝導率が高く熱電性能が実用的でない点と原料資源の供給上の問題点を解決し、原料資源が豊富な材料を使用して低コストプロセスにより、熱伝導率を低減した優れた熱電性能を示す熱電変換材料、なかでも、熱電性能が優れ、かつ低コストの熱電変換材料であるスクッテルダイト型結晶構造をもつCoSb₃基材料の提供。

【解決手段】 スクッテルダイト型結晶構造を持つCoSb₃基化合物の空格子に元素を充填したフィルドスクッテルダイト構造を有するCoSb₃基化合物において、前記充填元素が該元素のハロゲン化合物、Co元素、Sb元素、Co元素および/またはSb元素の置換元素の固相反応法によってCoSb₃基化合物の空格子に充填されたものであることを特徴とするフィルドスクッテルダイト構造を有するCoSb₃基化合物。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 スクッテルダイト型結晶構造を持つ CoSb_3 基化合物の空格子に元素を充填したフィルドスクッテルダイト構造を有する CoSb_3 基化合物において、前記充填元素が該元素のハロゲン化合物、 Co 元素、 Sb 元素、 Co 元素および/または Sb 元素の置換元素の固相反応法によって CoSb_3 基化合物の空格子に充填されたものであることを特徴とするフィルドスクッテルダイト構造を有する CoSb_3 基化合物。

【請求項2】 スクッテルダイト型結晶構造を持つ CoSb_3 基化合物の空格子に元素を充填したフィルドスクッテルダイト構造を有する CoSb_3 基化合物において、前記充填元素が該元素のハロゲン化合物、 Co 元素、および Sb 元素の固相反応法によって CoSb_3 基化合物の空格子に充填されたものであることを特徴とするフィルドスクッテルダイト構造を有する CoSb_3 基化合物。

【請求項3】 前記ハロゲン化合物が、塩化セリウムまたはその水和物 $\text{CeCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、塩化ラントンまたはその水和物 $\text{LaCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、塩化バリウムまたはその水和物 $\text{BaCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、塩化イットリウムまたはその水和物 $\text{YCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、塩化ジルコニアまたはその水和物 $\text{ZrCl}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、および塩化ストロンチウムまたはその水和物 $\text{SrCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ よりなる群から選ばれた少なくとも1種のハロゲン化合物またはその水和物である請求項1または2記載の CoSb_3 基化合物。

【請求項4】 スクッテルダイト型結晶構造を持つ CoSb_3 基化合物の空格子に元素を充填したフィルドスクッテルダイト構造を有する CoSb_3 基化合物の製造方法において、該製造方法が前記充填元素のハロゲン化合物、 Co 元素、 Sb 元素、 Co 元素および/または Sb 元素の置換元素の固相反応法であることを特徴とする請求項1または3記載のフィルドスクッテルダイト型結晶構造を有する CoSb_3 基化合物の製造方法。

【請求項5】 スクッテルダイト型結晶構造を持つ CoSb_3 基化合物の空格子に元素を充填したフィルドスクッテルダイト構造を有する CoSb_3 基化合物の製造方法において、該製造方法が前記充填元素のハロゲン化合物、 Co 元素、および Sb 元素の固相反応法であることを特徴とする請求項2または3記載のフィルドスクッテルダイト型結晶構造を有する CoSb_3 基化合物の製造方法。

【請求項6】 固相反応法の反応材料の酸化を防いで行なう請求項4または5記載のフィルドスクッテルダイト構造を有する CoSb_3 基化合物の製造方法。

【請求項7】 請求項1、2または3記載の CoSb_3 基化合物を含有することを特徴とする熱電変換材料。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はゼーベック効果およびペルチェ効果による熱電気直接変換のための熱電変換材料に関する。

【0002】

【従来技術】 ゼーベック効果およびペルチェ効果による熱電気直接変換の目的で現在利用されている熱電変換材料の基本的必要条件としては、(1) 材料の性能指数 Z ($Z = S^2 \sigma / \kappa$ 、ここで S は熱電能 V/K 、 σ は電気伝導率が $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ 、 κ は熱伝導率 W/cmK) が

10 広い動作温度領域において大きな値をもつこと)、(2) 材料が資源的に豊富であり材料の製造が容易である、こと等が挙げられる。

【0003】 現在、熱電変換材料の主要な材料は、 Bi_2Te_3 を母体とした3元系化合物である。一般には、p型材料には Bi_2Te_3 と Sb_2Te_3 との化合物を、またn型材料には Bi_2Te_3 と Bi_2Sb_3 との化合物が用いられている。これらの材料の熱電変換系での性能指数 Z の大きさは、p型、n型とともに室温で $2 \cdot 3 \times 10^{-3} \text{K}^{-1}$ である。この値は、既存の熱電変換

20 材料の中では最も高く、すでに、熱電冷却および熱電発電用材料として実用化されている。

【0004】 しかし、上述の Bi_2Te_3 系材料は原料になる Te の地球上の埋蔵量が非常に少なく、資源的に供給上の困難がある。また、性能指数 Z の温度変化が大きく、室温以外での温度領域では Z の値は小さく、工業的には、 Bi_2Te_3 系材料と同等の性能指数、あるいはそれ以上で資源が豊富な材料が望まれている。

【0005】 最近、新規な熱電変換材料として注目を浴びているスクッテルダイト型結晶構造を持つ CoSb_3 化合物の熱電特性データは、L. D. D u d k i n によって Soviet Phys Solid State; Vo. 1, p 126-1 a 3, 1959に報告されている。しかし、実用的な熱電変換材料として使用するには、熱伝導率の低減が必要とされていた。

【0006】 この材料系での熱伝導率の低減の試みとして、稀土類元素を充填するフィルドスクッテルダイト構造の化合物が合成され、B. C. Sales 等によって、Science Vo. 1, 272, 1325-1328, 1996に報告されている。

【0007】 このフィルドスクッテルダイト構造は、スクッテルダイト構造が立方晶系空間群 $I\bar{m}3$ に属し、単位格子内に8つの TeX_6 八面体が頂点共有で連結した構造であり、頂点共有により生じた隙が空格子位置となっていることに着目したものである。この空格子サイトは比較的大きく、熱伝導率の低減のため、稀土類元素を充填した構造がフィルドスクッテルダイト構造である。元素を充填することにより、充填元素イオン、例えば Ce 、 La イオン等の rattling 効果によって、充填前の CoSb_3 に比較して熱伝導率を低減することが可能になる。

【0008】従来、フィルドスクッテルダイト構造の化合物の合成法としては、B. C. Sales等によるScience Vol. 272, 1325-1328, 1996等により、以下のように処理されていた。

【0009】原料元素である希土類元素は電気的に表面処理した99.99%純度のロッドを用い、酸化しないようにHeードライボックス中でカーボンコートした石英管中に真空封入した後、1000~1100°Cで24~48時間かけて溶融していた。つまり、金属粉末あるいは金属インゴットを原料とする固相反応法や溶解法が用いられていた。このとき、金属粉末が酸化しやすいため上記のように取り扱いにくい上に酸素の混入が問題とされていた。また、電気的に表面処理した99.99%純度のロッドは材料単価が高く、その取り扱いも注意が必要となる。そのため、熱電変換材料としては、CeFe_{4-x}Co_xSB₁₂とLaFe_{4-x}Co_xSB₁₂の2例が報告されているのみである。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、熱電材料における従来材料の持つ問題点、すなわち熱伝導率が高く熱電性能が実用的でない点と原料資源の供給上の問題点を解決し、原料資源が豊富な材料を使用して低コストプロセスにより、熱伝導率を低減した優れた熱電性能を示す熱電変換材料、なかでも、熱電性能が優れ、かつ低コストの熱電変換材料であるスクッテルダイト型結晶構造をもつCo₃基材料を提供することを目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、スクッテルダイト型結晶構造を持つCo₃基化合物の空格子に元素を充填したフィルドスクッテルダイト構造を有するCo₃基化合物において、前記充填元素が該元素のハロゲン化合物、Co元素、Sb元素、Co元素および/またはSb元素の置換元素の固相反応法、あるいは前記充填元素が該元素のハロゲン化合物、Co元素、およびSb元素の固相反応法によってによって、Co₃基化合物の空格子に充填されたものであることを特徴とするフィルドスクッテルダイト構造を有するCo₃基化合物およびその製造法を提供することにより、前記課題を解決することができた。

【0012】すなわち、前記充填元素の原料として、該充填元素のハロゲン化合物を用いた固相反応より製造された本発明のフィルドスクッテルダイト構造を有するCo₃基化合物は、従来と同等な特性を有するフィルドスクッテルダイト型熱電材料であり、また、本発明で使用するハロゲン化合物は、材料単価も安く、また、その取り扱いも簡単となる。さらに従来法のように、石英真空中への真空封入処理やその際に必要となるHeードライボックス等を必要としないので、その製造プロセスは、低コストプロセスである。

【0013】また、本発明のフィルドスクッテルダイト構造を有するCo₃基化合物は、充填元素として、希土類元素だけでなくBa、Sr、Y、Zr等の各種元素の充填も可能である。

【0014】本発明で使用するハロゲン化合物としては、例えば塩化セリウムまたはその水和物CeCl₃·nH₂O、塩化ランタンまたはその水和物LaCl₃·nH₂O、塩化バリウムまたはその水和物BaCl₂·nH₂O、塩化イットリウムまたはその水和物YCl₃·nH₂O、塩化ジルコニウムまたはその水和物ZrCl₄·nH₂O、および塩化ストロンチウムまたはその水和物SrCl₂·nH₂Oよりなる群から選ばれた少なくと1種のハロゲン化合物またはその水和物が挙げられる。前記ハロゲン化合物は、1種のハロゲン化合物だけでなく、2種以上のハロゲン化合物の混合物であっても良い。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施の形態により、詳細に説明する。フィルドスクッテルダイト構造を有するCo₃基化合物を以下の手順で作製した。原料としてコバルトCo粉末(99.99%)、アンチモンSb粉末(99.9999%)、塩化セリウム水和物CeCl₃·nH₂O(99.99%)をCeCo₄SB₁₂の組成比Ce:Co:Sb=1:4:12となるよう秤量した。また、塩化物は通常、大気中の水分を吸湿するため水和物となる。その吸湿量が分からないと秤量する際に問題となるため、原料には最初から水和物(nH₂O)を使用することとし、本実施例ではn=7の塩化物を用いた。

【0016】その粉末原料が均一に分散するように混合した後、一軸プレスにて150~200kg/cm²の力で加圧成形した。該作成したペレットは15mm×5φmm程度の大きさであった。図1に固相反応に使用した高温雰囲気炉を示す。まず、2重のカーボンの容器9の中に成形したペレットを入れ炉本体10内に放置した。2重の容器には1カ所だけ小さな穴が開けられており、容器内部も排気されるようにした。また、内側の容器内に入らない程度のカーボンの粉末を外側の容器に入れてある。炉本体10は、真空に排気することができ、還元雰囲気ガスを置換・任意の流量で流し続けることが可能になっている。

【0017】炉内は、バルブ3、4、5を締め、バルブ2を開け、真空ポンプ1で排気し、10~2Pa程度の真空に排気した。その後、バルブ2を締め、バルブ5、3、4を開け、流量調節器7を使用して流量を調整しながら、ポンベ6から、還元雰囲気ガスH₂+Arを炉内に常圧まで導入した。この炉内を真空にした後、還元ガスを導入する動作を数回繰り返した。次に、バルブ3、4、5を締め、バルブ2を開け、真空ポンプ1で排気した後、バルブ2を締め、バルブ5、3、4を開いて、流

量調節器7の流量を調整しながら、ポンベ6から、還元雰囲気ガスH₂+Arを炉内に常圧まで導入し、バルブ4を開き、除外装置8を通してガスを流した。このとき流量調節器7により、数cm³の流量になるようにした。炉内に設けられた温度センサー11により炉内の温度をモニターしながら、ヒーター出力を制御し炉内の温度を650℃となるようにした。炉内が650℃になるまでの昇温時間は2時間、固相反応時間は24時間とした。昇温時間を2時間、設定することで塩化物に吸湿されている水和物(nH₂O)が蒸発し、還元ガス雰囲気によって炉外に運ばれるようにした。

【0018】材料の酸化の問題は、以下のようにして解決した。まず、炉内の排気と還元雰囲気ガスH₂+Arの充填を繰り返すことによって炉内の酸素分圧を減少させた。その後、還元雰囲気ガスH₂+Arを流し続けることにより、炉内の酸素分圧を減少させた状態に維持した。また、それでも残留している酸素は、カーボン容器9表面と外側の容器に入れたカーボンブラック粉末と反応させることにより、反応させようとする材料そのものの酸化を防いだ。なお、固相反応の方法は、上記の方法に限らず材料の酸化を防いだ方法であればよい。

【0019】固相反応中、塩化セリウム水和物中の塩素Clは、還元雰囲気ガス中の水素H₂により、塩化水素HC1として、また、H₂Oは水蒸気となって主に排気される。

【0020】反応させた粉末を粉碎後、X線回折により評価した。X線回折から外挿法により格子定数を見積もると図2に示すように、作製したCeCo₄Sb₁₂はCeが格子の中に入り込むことによってCoSb₃より格子定数が広がっている。また、回折強度のパターンから、Ceがスクッテルダイト構造の中に入っているフィルドスクッテルダイト構造であること、また他相は確認されずCeCo₄Sb₁₂単相材料であることを確認した。

【0021】こうして固相反応にて得られたフィルドスクッテルダイト化合物粉末を、さらに平均粒径40mm以下になるように微粉碎し、原料として放電プラズマ焼結機(住友石炭鉱業社製SPS1050)を用いて焼結体を作成した(以下、放電プラズマ焼結をSPSとする)。SPSの焼結条件は、焼結時の圧力20MPa、焼結温度640℃、焼結時間5分に設定した。

【0022】焼結体の密度は、6.81g/cm³であった。固相反応させた粉末同様、作製した焼結体はX線回折法により、回折パターンからフィルドスクッテルダイト構造であることを確認した。なお、焼結体の作製方法は、放電プラズマ焼結に限らず、HIP法、ホットプレス法などでもよい。

【0023】上記の方法で作製したCeCo₄Sb₁₂焼結体と同様な作製方法で作製したCoSb₃の焼結体の電気伝導度、熱伝導率を測定し比較した結果を図3、

図4に示す。電気伝導度は、CoSb₃とCeを充填したCeCo₄Sb₁₂を比較すると、ほぼ同程度であり、むしろ低温度側ではCeCo₄Sb₁₂の電気伝導度の方が高かった。

【0024】室温から700Kの温度範囲において、Ceを充填したCeCo₄Sb₁₂はCoSb₃と比べて熱伝導率が4割減少した。電気伝導度が同程度にもかかわらず、熱伝導率が低減できたことは、熱電材料としては非常に好ましい結果となった。また、今回作製した焼結体は、ゼーベック係数を測定すると、従来報告されているCeCo₄Sb₁₂と同等の熱電特性を有することが確認された。

【0025】したがって、塩化セリウム水和物CeCl₃·7H₂OからCoSb₃にCeを充填することにより、CoSb₃と同等以上の熱電性能を有するCeCo₄Sb₁₂材料の合成が可能なことが示され、さらに従来の方法とは異なり、原材料が安価で、作成方法が簡便な材料の合成が可能なことが示された。

【0026】また、塩化ランタン水和物LaCl₃·7H₂O、塩化バリウム水和物BaCl₂·2H₂O、塩化イットリウム水和物YCl₃·6H₂O、塩化ジルコニウムZrCl₄および塩化ストロンチウム水和物SrCl₂·6H₂Oを原材料として使用して、前記と同様の方法で熱電変換材料を作成した。各々作成した材料の熱電特性を評価したところ、塩化セリウム水和物CeCl₃·7H₂Oから作成した熱電変換材料と同等の特性を示した。さらに本実施例では、CoSb₃化合物を用いたが、CoをFe、Niなどに置換したスクッテルダイト型結晶構造を持つCoSb₃基化合物(Co_xFe_{1-x}Sb₃、Co_xNi_{1-x}Sb₃、Fe_xNi_{1-x}Sb₃など)においても、置換材料であるFe、Niなどは、粉末原料を用いて同様な方法で作成することができる。

【0027】

【効果】1. 請求項1~3

安価な原材料を使用することで低コストで、かつ熱伝導率を低減した優れた熱電性能を示すスクッテルダイト型結晶構造を持つCoSb₃基化合物の空格子に元素を充填したフィルドスクッテルダイト構造を有するCoSb₃基化合物が提供された。

2. 請求項4~6

前記請求項1~3の熱電変換材料の製造方法が提供された。

3. 請求項7

前記請求項1~3のフィルドスクッテルダイト構造を有するCoSb₃基化合物を含有する熱電変換材料が提供された。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態で使用する固相反応に使用した高温雰囲気炉を示す図である。

【図2】外挿法により見積った格子定数を示すグラフである。

【図3】 CoSb_3 と $\text{CeCo}_4\text{Sb}_{12}$ の電気伝導度を示すグラフである。

【図4】 CoSb_3 と $\text{CeCo}_4\text{Sb}_{12}$ の熱伝導率を示すグラフである。

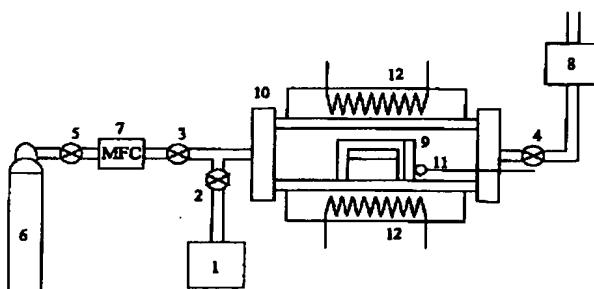
【符号の説明】

- 1 真空ポンプ
- 2 バルブ
- 3 バルブ
- 4 バルブ
- 5 バルブ
- 6 ボンベ
- 7 フローメーター
- 8 ヒーター
- 9 2重のカーボンの容器
- 10 炉本体
- 11 温度センサー
- 12 流量調節器

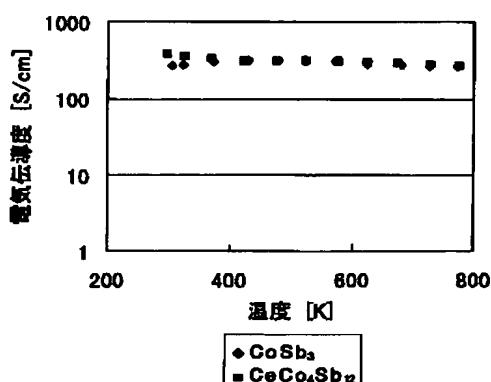
- * 4 バルブ
- 5 バルブ
- 6 ボンベ
- 7 フローメーター
- 8 除外装置
- 9 2重のカーボンの容器
- 10 炉本体
- 11 温度センサー
- 12 流量調節器

* 10

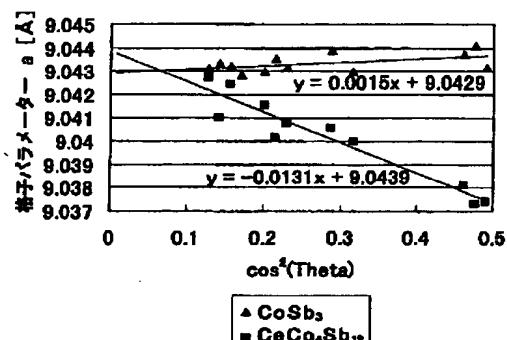
【図1】



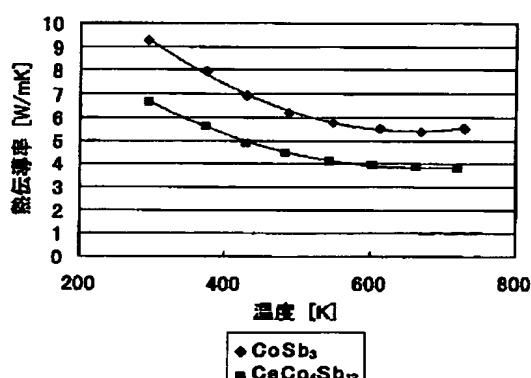
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

(72) 発明者 陳 立東

宮城県仙台市青葉区片平2丁目1番1号
東北大学金属材料研究所内

※ F ターム(参考) 4G048 AA01 AA05 AB01 AC04 AD06
AE05 AE06

※